

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-141976

(43)Date of publication of application : 20.05.2004

(51)Int.Cl.

B25J 17/00

B25J 5/00

F16H 21/46

(21)Application number : 2002-306880

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 22.10.2002

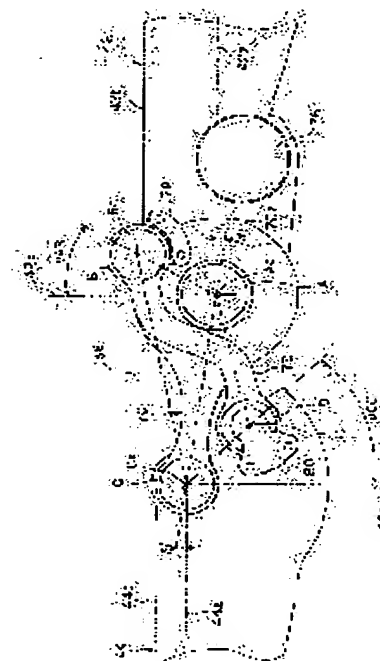
(72)Inventor : SUGAWARA ZENTA
MATSUDA HIROSHI

(54) ROBOT'S JOINT STRUCTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide robot's joint structure which increases a movable range (rotation angle) in a bending direction of the joint without generating physical interference of a link and a cover covering it, inhibits reduction of a movable range in an extending direction caused by a specific point, and further increases a limit value of rotation speed (driving speed).

SOLUTION: An upper arm link 42 and a lower arm link 44 are connected through two movable links, i.e., a first movable link 70 and a second movable link 72, and these two movable links 70, 72 are arranged in crossing. When an elbow joint 36 is driven, the second movable link 72 is formed into an S-shape in which it avoids a rotation shaft A and a rotation shaft C such that the second movable link 72 does not interfere with the rotation shaft A and the rotation shaft C to which the first movable link 70 is connected.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

29.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

(51) Int. Cl.⁷

B 2 5 J 17/00

B 2 5 J 5/00

F 1 6 H 21/46

F 1

B 2 5 J 17/00

B 2 5 J 5/00

F 1 6 H 21/46

テーマコード (参考)

H 3 C 0 0 7

C 3 J 0 6 2

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2002-306880 (P2002-306880)

(22) 出願日 平成14年10月22日(2002.10.22)

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(74) 代理人 100081972

弁理士 吉田 豊

(72) 発明者 菅原 善太

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

(72) 発明者 松田 広志

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会

社本田技術研究所内

Fターム(参考) 3C007 CS08 CX03 CX09 CY27 HT11

WA03 WA13 WC21

3J062 AA38 AB26 AC07 CB03 CB28

CB33

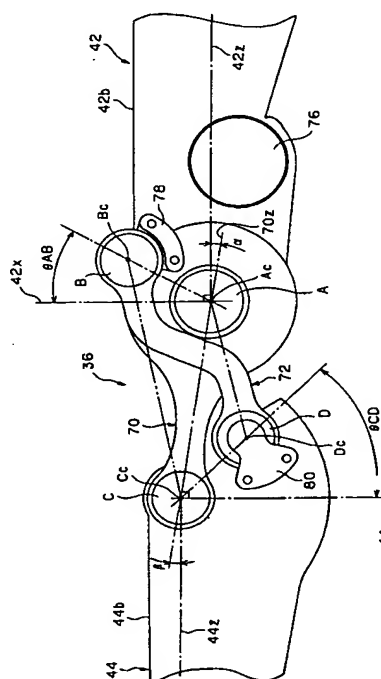
(54) 【発明の名称】 ロボットの関節構造

(57) 【要約】

【課題】リンクやそれを覆うカバーの物理的な干渉を生じることなく関節の屈曲方向の可動範囲(回転角)を増大すると共に、特異点に起因する伸展方向の可動範囲の減少を抑制し、さらには回転速度(駆動速度)の限界値を上げるようにしたロボットの関節構造を提供する。

【解決手段】上腕リンク42と下腕リンク44を第1の可動リンク70と第2の可動リンク72の2本の可動リンクを介して接続すると共に、それら2本の可動リンク70、72を交差して配置する。また、肘関節36を駆動した際、第2の可動リンク72が第1の可動リンク70が接続される回転軸Aおよび回転軸Cに干渉しないように、第2の可動リンク72を回転軸Aおよび回転軸Cを回避するS字状に形成する。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の主リンクと第2の主リンクを第1の可動リンクと第2の可動リンクを介して連結すると共に、前記第1の主リンクに配置されたアクチュエータで前記第1の可動リンクを駆動して前記第1の主リンクと第2の主リンクを相対変位させるロボットの関節構造において、前記第1の主リンクに回転軸Aと回転軸Bを設けると共に、前記第2の主リンクに回転軸Cと回転軸Dを設け、前記回転軸A、B、C、Dを頂点とする四角形において対角する回転軸をそれぞれ回転軸Aと回転軸C、回転軸Bと回転軸Dとしたとき、前記回転軸Aと回転軸Cを前記第1の可動リンクを介して接続する一方、前記回転軸Bと回転軸Dを前記第2の可動リンクで接続して前記第1の可動リンクと第2の可動リンクを交差させて配置すると共に、前記回転軸Aを前記アクチュエータで駆動し、よって前記第1の可動リンクを駆動して前記第1の主リンクと第2の主リンクを相対変位させることを特徴とするロボットの関節構造。

10

【請求項2】

前記回転軸Aと回転軸Bを、前記第1の主リンクの長手方向と直交する同一直線上あるいはその近傍に設けたことを特徴とする請求項1項記載のロボットの関節構造。

【請求項3】

前記回転軸Cと回転軸Dを、前記第2の主リンクの長手方向と直交する同一直線上あるいはその近傍に設けたことを特徴とする請求項1項または2項記載のロボットの関節構造。

20

【請求項4】

前記第1の可動リンクおよび第2の可動リンクの少なくともいずれかを、他方の可動リンクの回転軸と干渉しないように湾曲させたことを特徴とする請求項1項から3項のいずれかに記載のロボットの関節構造。

【請求項5】

前記第1の可動リンクおよび第2の可動リンクの少なくともいずれかに、前記関節が所定の角度以上回転することを防止する過回転防止機構を設けたことを特徴とする請求項1項から4項のいずれかに記載のロボットの関節構造。

【請求項6】

前記関節に、前記第1の主リンク、第1の可動リンク、第2の可動リンク、第2の主リンクおよびアクチュエータの外側を覆うカバーを設けると共に、前記カバーは、前記第1の主リンクとアクチュエータを覆う第1のカバーと、前記第2の主リンクを覆う第2のカバーと、前記第1のカバーと第2のカバーの間にスライド自在に介挿され、前記第1の可動リンクと第2の可動リンクを覆うと共に、前記関節の回転に伴って生じる前記第1のカバーと第2のカバーの間隙を被覆する第3のカバーから構成されることを特徴とする請求項1項から5項のいずれかに記載のロボットの関節構造。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明はロボットの関節構造に関する。

【0002】

40

【従来の技術】

産業用ロボットの関節構造として、従来より、4節あるいはそれ以上の節からなる平行リンク機構を介してアーム同士を連結する技術が知られている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

また、リンク同士を1軸で連結したロボットの関節構造も知られている。一般にロボットは、リンクの外側をカバーで覆い、内部構造を露出させないことが防塵性あるいは安全性などの観点から好ましい。このため、例えば脚式移動ロボットにおいて、リンク同士（例えば上腿リンクと下腿リンク）を1軸で連結する（即ち、上腿リンクと下腿リンクを他のリンク機構を介することなく直接連結する）と共に、一方のリンクを覆うカバーの端部を

50

前記１軸を中心とした球面状とし、他方のリンクを覆うカバーの端部を前記球面状に対応した凹状とすること、関節を回転させてもカバーとカバーの間に隙が生じないようにしたロボットの関節構造が提案されている（例えば、特許文献２参照）。

【０００４】

【特許文献１】

特開平１０－２９６６８０号公報（段落０００２、０００８、００１２図２、３、５および６）

【特許文献２】

特開２００２－２１０６８２号公報（図４）

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】

工場などで種々の作業に使用される据え置き型の産業用ロボットにおいて、作業ハンドの可動範囲を大きくして到達可能空間を増大させると共に、駆動速度の限界値を上げるには、基体から作業ハンドまでの関節の数やアーム（リンク）の長さ、アクチュエータの駆動力などを適宜設定することにより、対処することが可能である。他方、脚式移動ロボット、特に人間の形状を模したヒューマノイド型のロボットなどにおいては、外観上や機能上の観点から、産業用ロボットに比して関節の数やリンクの長さの設計に制約が生じる。また、自律型のロボットにおいては、消費電力や取り付けスペースなどの関係で、使用できるアクチュエータにも制限がある。従って、自律型の脚式移動ロボットなどにおいては、例えば腕部や脚部の可動範囲を増大させ、かつ駆動速度の限界値を上げるためには、それらを構成する個々の関節の可動範囲（回転角度）を増大させると共に、個々の関節の回転速度の限界値を上げる必要がある。

【０００６】

脚式移動ロボットにおいて、一般的な上記１軸の関節を構成する場合、リンクやそれを覆うカバーの物理的な干渉を避けるために、図２３に示す如く、回転軸１００をリンク１０２、１０４の中心から外方にオフセットさせることがある。回転軸を外方にオフセットすることで、オフセットした側におけるリンクやカバーの干渉が生じ難くなり、可動範囲を大きくすることができる。

【０００７】

ところで、多関節型のロボットにおいては、図２４に示すように、複数個の回転軸（関節）１１０、１１２、１１４が同一直線上に位置するような姿勢は特異点姿勢となる。ロボットは特異点姿勢をとるとき制御が発散するので、特異点が発生しないように、関節の回転角度を制約する必要がある。例えば、ヒューマノイド型のロボットの腕部の肘関節においては、肘関節（回転軸１１２に相当）を僅かに曲げた状態から最大屈曲角までが可動範囲となる。

【０００８】

ここで、図２３に示したように、リンクやカバーの物理的な干渉を避けるために回転軸１００を外方にオフセットすると、リンク１０２、１０４を伸張させた状態（関節を機構上可能な位置まで伸張方向に駆動した状態）から回転軸１００、１０６、１０８が同一直線上に位置する、即ち、特異点姿勢をとる場合には、図２５に示す如く、回転角 θOS が必要とされる。従って、制御上利用できる回転軸１００の可動範囲（回転角度）は、機構上決定される可動範囲から θOS を除いた範囲となる。この回転角 θOS は回転軸１００のオフセット量が大きくなるにつれて増加するため、従来技術においては、屈曲方向の可動範囲を大きくするために回転軸をオフセットすると、伸張方向の可動範囲が大きく制約されて減少するという不具合があった。

【０００９】

従ってこの発明の目的は、上記した課題を解決し、リンクやそれを覆うカバーの物理的な干渉を生じることなく関節の屈曲方向の可動範囲（回転角度）を増大すると共に、特異点に起因する伸張方向の可動範囲の減少を抑制し、さらには回転速度（駆動速度）の限界値を上げるようにしたロボットの関節構造を提供することにある。

10

20

30

40

50

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記した目的を達成するために、請求項1項においては、第1の主リンクと第2の主リンクを第1の可動リンクと第2の可動リンクを介して連結すると共に、前記第1の主リンクに配置されたアクチュエータで前記第1の可動リンクを駆動して前記第1の主リンクと第2の主リンクを相対変位させるロボットの間節構造において、前記第1の主リンクに回転軸Aと回転軸Bを設けると共に、前記第2の主リンクに回転軸Cと回転軸Dを設け、前記回転軸A、B、C、Dを頂点とする四角形において対角する回転軸をそれぞれ回転軸Aと回転軸C、回転軸Bと回転軸Dとしたとき、前記回転軸Aと回転軸Cを前記第1の可動リンクを介して接続する一方、前記回転軸Bと回転軸Dを前記第2の可動リンクで接続して前記第1の可動リンクと第2の可動リンクを交差させて配置すると共に、前記回転軸Aを前記アクチュエータで駆動し、よって前記第1の可動リンクを駆動して前記第1の主リンクと第2の主リンクを相対変位させるように構成した。

10

【0011】

第1の主リンク（例えば上腕リンク）と第2の主リンク（例えば下腕リンク）を第1の可動リンクと第2の可動リンクの2本の可動リンクを介して接続すると共に、それら2本の可動リンクを交差して配置するようにしたので、入力に対する間節（例えば肘間節）全体の駆動角度を大きくすることができ、間節の屈曲方向の可動範囲を増大すると共に、駆動速度（回転速度）の限界値を上げることができる。

【0012】

また、2本の可動リンクの外方への突出量が小さくなるため、可動リンクとそれらを覆うカバーの物理的な干渉が生じ難くなると共に、間節が2個の回転軸を支点として2段階にわたって屈曲されることとなって、第1の主リンクを覆うカバーと第2の主リンクを覆うカバーが干渉し難くなり、よって間節の屈曲方向の可動範囲を一層増大することができる。さらに、間節の回転軸を間節外方にオフセットする必要がないので、特異点に起因する伸張方向の可動範囲の減少を抑制することができる。

20

【0013】

また、請求項2項にあっては、前記回転軸Aと回転軸Bを、前記第1の主リンクの長手方向と直交する同一直線上あるいはその近傍に設けるように構成した。

【0014】

回転軸Aと回転軸Bを、第1の主リンクの長手方向と直交する同一直線上あるいはその近傍に設けるように構成したので、間節の屈曲方向の可動範囲を一層効果的に増大することができると共に、回転速度の限界値を上げることができる。

30

【0015】

また、請求項3項にあっては、前記回転軸Cと回転軸Dを、前記第2の主リンクの長手方向と直交する同一直線上あるいはその近傍に設けるように構成した。

【0016】

回転軸Cと回転軸Dを、第2の主リンクの長手方向と直交する同一直線上あるいはその近傍に設けるように構成したので、間節の屈曲方向の可動範囲を一層効果的に増大することができると共に、回転速度の限界値を上げることができる。

40

【0017】

また、請求項4項にあっては、前記第1の可動リンクおよび第2の可動リンクの少なくともいずれかを、他方の可動リンクの回転軸と干渉しないように湾曲させるように構成した。

【0018】

第1の可動リンクおよび第2の可動リンクの少なくともいずれかを、他方の可動リンクの回転軸と干渉しないように湾曲させるように構成したので、第1の可動リンクと第2の可動リンクが他方の回転軸と干渉することがなく、よって間節の可動範囲をより一層増大することができる。

【0019】

50

また、請求項５項にあっては、前記第１の可動リンクおよび第２の可動リンクの少なくともいずれかに、前記関節が所定の角度以上回転することを防止する過回転防止機構を設けるように構成した。

【００２０】

第１の可動リンクおよび第２の可動リンクの少なくともいずれかに、関節が所定の角度以上回転することを防止する過回転防止機構を設けるように構成したので、特異点に起因する制御の発散や関節の過度な屈曲によってカバーが損傷するのを防止することができる。

【００２１】

また、請求項６項にあっては、前記関節に、前記第１の主リンク、第１の可動リンク、第２の可動リンク、第２の主リンクおよびアクチュエータの外側を覆うカバーを設けると共に、前記カバーは、前記第１の主リンクとアクチュエータを覆う第１のカバーと、前記第２の主リンクを覆う第２のカバーと、前記第１のカバーと第２のカバーの間にスライド自在に介挿され、前記第１の可動リンクと第２の可動リンクを覆うと共に、前記関節の回転に伴って生じる前記第１のカバーと第２のカバーの間隙を被覆する第３のカバーから構成されるように構成した。

【００２２】

関節を覆うカバーを、第１のカバーと、第２のカバーと、前記第１のカバーと第２のカバーの間にスライド自在に介挿されると共に、関節の回転に伴って生じる前記第１のカバーと第２のカバーの間隙を被覆する第３のカバーから構成されるように構成したので、関節の内部構造が露出することがなく、よって前述の効果に加え、関節の防塵性および安全性を向上させることができると共に、美観を向上させることができる。

【００２３】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照してこの発明の一つの実施の形態に係るロボットの関節構造について、脚式移動ロボット、より具体的にはヒューマノイド型のロボット（人体形状を模した脚式移動ロボット）を例にとって説明する。

【００２４】

図１はその実施の形態に係るロボットの正面図であり、図２はその右側面図である。

【００２５】

図１に示すように、ロボット１は、２本の脚部リンク２を備えると共に、その上方には上体（基体）３が設けられる。上体３のさらに上方には頭部４が形成されると共に、上体３の両側には２本の腕部リンク５が連結される。また、図２に示すように、上体３の背部には格納部６が設けられ、その内部には電子制御ユニットやバッテリー電源などが収容される。尚、図１および図２に示すロボット１は、内部構造を保護するためのカバーで被覆される。

【００２６】

図３はロボット１をスケルトンで示す説明図である。同図を参照して関節の個数と位置を説明すると、図示の如く、ロボット１は、左右それぞれの脚部リンク２に６個の関節を備えると共に、腕部リンク５に５個の関節を備える。

【００２７】

脚部リンク２において、６個の関節は重力方向において上方から順に、股（腰部）の脚部回転用（Ｚ軸まわり）の関節１０Ｒ、１０Ｌ（右側をＲ、左側をＬとする。以下同じ）、股（腰部）のビッチ方向（Ｙ軸まわり）の関節１２Ｒ、１２Ｌ、同ロール方向（Ｘ軸まわり）の関節１４Ｒ、１４Ｌ、膝部のビッチ方向の関節１６Ｒ、１６Ｌ、足首のビッチ方向の関節１８Ｒ、１８Ｌ、および同ロール方向の関節２０Ｒ、２０Ｌから構成される。即ち、股関節（あるいは腰関節）は関節１０Ｒ（Ｌ）、１２Ｒ（Ｌ）、１４Ｒ（Ｌ）から、膝関節は関節１６Ｒ（Ｌ）から、足首関節は関節１８Ｒ（Ｌ）、２０Ｒ（Ｌ）から構成される。

【００２８】

足首関節１８Ｒ（Ｌ）、２０Ｒ（Ｌ）の下部には足平２２Ｒ、Ｌが取り付けられると共に

10

20

30

40

50

、股関節10R(L)、12R(L)、14R(L)と膝関節16R(L)とは大腿リンク24R、Lで連結され、膝関節16R(L)と足首関節18R(L)、20R(L)とは下腿リンク26R、Lで連結される。

【0029】

一方、腕部リンク5において、5個の関節は重力上方において上方から順に、肩部のビッチ方向の関節30R、30L、同ロール方向の関節32R、32L、腕部回転用の関節34R、34L、肘部のビッチ方向の関節36R、36L、手首回転用の関節38R、38Lから構成される。即ち、肩関節は関節30R(L)、32R(L)、34R(L)から、肘関節は関節36R(L)から、手首関節は関節38R(L)から構成される。

【0030】

手首関節38R(L)の先にはハンド(エンドエフェクタ)40R、40Lが取り付けられと共に、肩関節30R(L)、32R(L)、34R(L)と肘関節36R(L)とは上腕リンク42R、Lで連結され、肘関節36R(L)と手首関節38R(L)とは下腕リンク44R、Lで連結される。

【0031】

頭部4は、鉛直軸まわりの首関節46と、それと直交する軸まわりに頭部4を回転させる頭部揺動機構48を介して上体3に連結される。また、頭部4の内部には撮像した画像信号を出力する、CCDカメラからなる視覚センサ50が配置されると共に、レシーバおよびマイクロフォンからなる音声入出力装置52が配置される。

【0032】

また、同図に示す如く、足首関節18、20R(L)と足平22R(L)の接地端の間には、公知の6軸力センサ(床反力検出器)56R(L)が取り付けられ、力の3方向成分 F_x 、 F_y 、 F_z とモーメントの3方向成分 M_x 、 M_y 、 M_z を示す信号を出力する。

【0033】

また、手首関節38R(L)とハンド40R(L)の間にも同種の6軸力センサ58R(L)が取り付けられ、ロボット1に作用する床反力以外の外力、具体的にはハンド40R(L)に対象物から作用する外力(対象物反力)の3方向成分 F_x 、 F_y 、 F_z とモーメントの3方向成分 M_x 、 M_y 、 M_z を示す信号を出力する。

【0034】

さらに、上体リンク60には傾斜センサ62が設置され、Z軸(鉛直方向(重力方向))に対する傾きとその角速度を示す信号を出力する。また、各関節を駆動する電動モータ(アクチュエータ。図示せず)には、その回転量を示す信号を出力するロータリーエンコーダ(図示せず)が設けられる。

【0035】

これら6軸力センサ56R(L)、58R(L)および傾斜センサ62などの出力は、格納部6の内部に設けられた制御ユニット64に入力される。制御ユニット64はマイクロコンピュータからなり、メモリ(図示せず)に格納されているデータおよび入力された検出値に基づき、各関節を駆動する電動モータ(同図で図示せず)の制御値を算出する。

【0036】

このように、ロボット1は左右の脚部リンク2R(L)のそれぞれについて6つの自由度を与えられ、これら $6 \times 2 = 12$ 個の関節を駆動する電動モータを制御ユニット64で算出された制御値に基づいて動作させることにより、足全体に所望の動きを与えることができる。また、左右の腕部リンク5R(L)のそれぞれについても5つの自由度(ハンド40R(L)を除く)を与えられ、これら $5 \times 2 = 10$ 個の関節を駆動する電動モータを制御ユニット64で算出された制御値に基づいて動作させることにより、腕全体に所望の動きを与えることができ、任意の動作(作業)を行なわせることができる。

【0037】

続いて、図4以降を参照してロボット1の関節構造について詳説する。尚、以下、肘関節36R(L)を例に挙げて説明するが、肘関節36R(L)の構造は左右対称のため、以

10

20

30

40

50

下の説明において符合 R、L は省略する。

【0038】

図4は、肘関節36付近の斜視図である。尚、同図は、内部構造を保護するためのカバーを取り外した状態で示す。

【0039】

図示の如く、上腕リンク42は、第1のフレート（以下、「上腕第1フレート」と呼ぶ）42aと第2のフレート（以下、「上腕第2フレート」と呼ぶ）42bから構成される。上腕第1フレート42aと上腕第2フレート42bは、図示しないボルトで固定される。また、下腕リンク44は、同様に第1のフレート（以下、「下腕第1フレート」と呼ぶ）44aと第2のフレート（以下、「下腕第2フレート」と呼ぶ）44bから構成され、それらも図示しないボルトで固定される。

10

【0040】

図5は、図4に示す肘関節36を、上腕第1フレート42aと下腕第1フレート44aを取り外して示す斜視図である。

【0041】

同図に示すように、上腕リンク42には、回転軸Aと回転軸Bが設けられる。回転軸Aは、上腕第1フレート42aおよび上腕第2フレート42bに設けられた突出部と、その外周に配置されたベアリング（共に図示せず）とからなる。また、回転軸Bは、上腕第1フレート42aに設けられた突出部と、その外周に配置されたベアリングとからなる。回転軸Aと回転軸Bの回転中心（線）をそれぞれAc、bcで示す。

20

【0042】

また、下腕リンク44には、回転軸Cと回転軸Dが設けられる。回転軸Cは、下腕第1フレート44aおよび下腕第2フレート44bに設けられた突出部と、その外周に配置されたベアリングとからなる。回転軸Dも同様である。回転軸Cと回転軸Dの回転中心（線）をそれぞれCc、Dcで示す。

【0043】

肘関節36は、第1の可動リンク70と第2の可動リンク72を備える。第1の可動リンク70の一端は回転軸Aに固定されると共に、他端は回転軸Cに回動自在に接続される。一方、第2の可動リンク72の一端は回転軸Bに回動自在に接続されると共に、他端は回転軸Dに回動自在に接続される。即ち、上腕リンク42と下腕リンク44は、第1の可動リンク70と第2の可動リンク72を介して相対変位自在に接続される。

30

【0044】

また、上腕リンク42において、回転軸Aおよび回転軸Bより上方（肩部方向）には、電動モータ（アクチュエータ）76が配置される。電動モータ76の出力は、図示しない減速機を介して回転軸Aに伝達され、回転軸Aに固定された第1の可動リンク70を駆動する。これにより、上腕リンク42と下腕リンク44は相対変位させられる。

【0045】

図6は、図5に示す肘関節36を拡大して示す平面図である。尚、同図において符合78は、回転軸Bを上腕第1フレート42aで支持するための部材を示し、符合80は、回転軸Dを下腕第1フレート44aで支持するための部材を示す。これらの部材78、80は、図4および図5において図示を省略した。

40

【0046】

図6に示すように、回転軸A、B、C、Dの回転中心Ac、Bc、Cc、Dcを頂点とする四角形において、対角する回転軸はそれぞれ、回転軸Aと回転軸C、回転軸Bと回転軸Dとなる。即ち、回転軸Aと回転軸Cを第1の可動リンク70で接続すると共に、回転軸Bと回転軸Dを第2の可動リンク72で接続することにより、これら第1の可動リンク70と第2の可動リンク72を交差して配置するようにした。また、第2の可動リンク72は、回転軸Aに干渉しないように、回転軸Aを回避する湾曲状、より具体的には、S字状に形成される。

【0047】

50

図7は、図6に示す肘関節36をカバーも含めて示す平面図である。

【0048】

同図に示すように、肘関節36には、各リンクの外側を覆うカバー（ケーシング）が設けられる。カバーは、上腕リンク42と電動モータ76を覆う第1のカバー84と、下腕リンク44を覆う第2のカバー86と、前記第1のカバー84と第2のカバー86の間にスライド自在に介挿されて第1の可動リンク70と第2の可動リンク72を覆う第3のカバー88とからなる。

【0049】

図8および図9は、図7に示す肘関節36を駆動した状態を示す平面図である。

【0050】

図8および図9に示すように、回転軸Aを回転させて第1の可動リンク70を屈曲方向に駆動すると、回転軸Bと回転軸Cを結ぶ直線の距離は短くなる。このとき、回転軸Bと回転軸Dを結ぶ直線の距離ならびに回転軸Cと回転軸Dの相対位置関係は不変であることから、下腕リンク44は、回転軸Cを支点として、さらに屈曲方向に駆動される。

【0051】

図10は、肘関節36が伸張しまった状態の腕部リンク5を模式的に示す説明図である。ここで、肘関節が伸張しまった状態とは、機構上決定される伸張方向の可動限界まで肘関節36を駆動した状態を意味する（肩関節と手首関節を結ぶ直線が最長となった状態とは必ずしも一致しない）。

【0052】

同図において、EL1は、肘関節36のうち回転軸Aを意味し、EL2は、肘関節36のうち回転軸Cを意味する。また、角度 α は、図6に示すように、肘関節36が伸張しまった状態における上腕リンク42の長手方向（42 Σ で示す）と第1の可動リンク70の長手方向（70 Σ で示す）のなす角度であり、角度 β は、第1の可動リンク70の長手方向と下腕リンク44の長手方向（44 Σ で示す）のなす角度である。

【0053】

図10に示す腕部リンク5において、電動モータによってEL1、即ち、回転軸Aを θ_1 だけ駆動すると、図11に示す如く、上腕リンク42の長手方向と第1の可動リンク70の長手方向のなす角度は、 $\alpha + \theta_1$ となる。さらに、EL2、即ち、回転軸Cを支点として下腕リンク44が駆動されることにより、第1の可動リンク70の長手方向と下腕リンク44の長手方向のなす角度は、 $\theta_2 - \beta$ となる。よって、肘関節36全体としての駆動角度は、 $\theta_1 + \theta_2$ となる。ここで、 θ_2 は、以下の数1に示す式で表すことができる。

【0054】

【数1】

$$\theta_2 = \theta_{CD} + \alpha - 2 \tan^{-1} \frac{b' - c \sin(\theta_1 + \alpha - \theta_{AB}) - \sqrt{d c' - \{a - b' \sin(\theta_1 + \alpha - \theta_{AB}) - c'\}^2}}{a - b \sin(\theta_1 + \alpha - \theta_{AB}) - c \cos(\theta_1 + \alpha - \theta_{AB})}$$

[度]

【0055】

上式において、 θ_{AB} は、図6に示す如く、上腕リンク42の長手方向（42 Σ ）と直交する方向（42 \times で示す）と、回転軸Aと回転軸Bの回転中心AcとBcを結ぶ線のなす角度であり、この実施の形態にあっては30度（回転軸Aより回転軸Bを重力方向上方（肩部側）に配置した場合を正の角度とし、逆の場合を負の角度とする）である。また、 θ_{CD} は、下腕リンク44の長手方向（44 Σ で示す）と直交する方向（44 \times で示す）と、回転軸Cと回転軸Dの回転中心Cc、Dcを結ぶ線のなす角度であり、この実施の形態にあっては45度（回転軸Cより回転軸Dを重力方向上方（肩部側）に配置した場合を正の角度とし、逆の場合を負の角度とする）である。

【0056】

また、値 a 、 b 、 b' 、 c 、 c' および d は、回転軸Aと回転軸Cの軸間距離（具体的に

10

20

30

40

50

は、回転中心 A c と C c の直線距離。即ち、第 1 の可動リンク 7 0 の軸間距離) を r_{AC} 、回転軸 B と回転軸 D の軸間距離 (具体的には、回転中心 B c と D c の直線距離。即ち、第 2 の可動リンク 7 2 の軸間距離) を r_{BD} 、回転軸 A と回転軸 B の軸間距離を r_{AB} 、回転軸 C と回転軸 D の軸間距離を r_{CD} としたとき、以下の数 2 に示す各式で表すことができる。

【 0 0 5 7 】

【数 2】

$$a = r_{AC}^2 + r_{AB}^2 + r_{CD}^2 - r_{BD}^2$$

$$b = 2r_{AC} \times r_{AB}$$

10

$$b' = 2r_{AC} \times r_{CD}$$

$$c = 2r_{AB} \times r_{CD}$$

$$c' = 2r_{CD}^2$$

$$d = 2r_{BD}^2$$

20

【 0 0 5 8 】

また、回転軸 A と回転軸 B の軸間距離 r_{AB} と、回転軸 C と回転軸 D の軸間距離 r_{CD} が等しいときは、値 b と b' が等しくなると共に、値 c と c' が等しくなるので、上記 $\theta 2$ を以下の数 3 で示す式で表すことができる。

【 0 0 5 9 】

【数 3】

$$\theta 2 = \theta CD + \alpha - 2 \tan^{-1} \frac{b - c \sin(\theta 1 + \alpha - \theta AB) - \sqrt{dc - \{a - b \sin(\theta 1 + \alpha - \theta AB) - c\}^2}}{a - b \sin(\theta 1 + \alpha - \theta AB) - c \cos(\theta 1 + \alpha - \theta AB)}$$

[度]

30

【 0 0 6 0 】

ここで、数 3 で示す式中の値 a 、 b 、 c および d は、以下の数 4 で示す各式で表される。

【 0 0 6 1 】

【数 4】

$$a = r_{AC}^2 + 2r_{AB}^2 - r_{BD}^2 = r_{AC}^2 + 2r_{CD}^2 - r_{BD}^2$$

$$b = 2r_{AC} \times r_{AB} = 2r_{AC} \times r_{CD}$$

40

$$c = 2r_{AB}^2 = 2r_{CD}^2$$

$$d = 2r_{BD}^2$$

【 0 0 6 2 】

図 1 2 は、 θCD を 4 5 度として θAB を変化させたときの $\theta 1$ と $\theta 2$ の関係を対比して示すグラフである。

【 0 0 6 3 】

同図に示すように、 θCD を 4 5 度、 θAB を 3 0 度としたとき、 $\theta 1$ の増加に略比例して、略一対一の関係で $\theta 2$ が増加することがわかる。即ち、減速機を介して電動モータ 7

50

6 から入力される回転角度（回転軸 A の回転角度。即ち、 $\theta 1$ ）に対して倍の回転角度（肘関節 36 全体の回転角度。即ち、 $\theta 1 + \theta 2$ ）が出力されることとなる。従って、肘関節 36 の屈曲方向の可動範囲を増大すると共に、同一入力に対する肘関節 36 の駆動速度（回転速度）の限界値を上げることができる。

【0064】

尚、前出の図 8 は、 $\theta 1$ が 30 度、 $\theta 2$ が 19.2 度、即ち、 $\theta 1 + \theta 2$ が 49.2 度のときの肘関節 36 を示す。また、図 9 は $\theta 1$ が 55 度、 $\theta 2$ が 44 度、即ち、 $\theta 1 + \theta 2$ が 99 度のときの肘関節 36 を示す。

【0065】

図 8 および図 9 の説明を続けると、第 1 の可動リンク 70 と第 2 の可動リンク 72 の 2 本の可動リンクを交差して配置していることから、肘関節 36 が大きく駆動されても、可動リンク 70、72 の関節外方への突出量が小さく、よって可動リンク 70、72 とカバーの物理的な干渉が生じ難くなる。また、肘関節 36 が 2 段階にわたって屈曲される（支点となる回転軸が 2 個（回転軸 A と回転軸 C）存在する）ことから、第 1 のカバー 84 と第 2 のカバー 86 の干渉の可能性も低減することができる。

【0066】

さらに、第 2 の可動リンク 72 が 8 字状に形成されていることから、肘関節 36 を駆動した際、第 2 の可動リンク 72 が第 1 の可動リンク 70 が接続される回転軸 A および回転軸 C に干渉することがないため、肘関節 36 の屈曲方向の可動範囲を一層増大させることができる。

【0067】

また、肘関節 36 を駆動（回転）すると、第 1 のカバー 84 と第 2 のカバー 86 が相対変位するため、それらの間に間隙が生じる（間隙の大きさが変化する）が、前記したように、第 3 のカバー 88 が第 1 のカバー 84 と第 2 のカバー 86 の間にスライド自在に介挿されるため、前記間隙を第 3 のカバー 88 で被覆することができ、よって肘関節 36 の防塵性および安全性を向上させることができる。さらに、ロボット 1 の美観を向上させることができる。

【0068】

次いで、腕部リンク 5 の特異点について説明する。図 13 は、肩関節 30、32、34 から手首関節 38 までの直線距離（ R とする）と肘関節 36 の駆動角度 $\theta 1 + \theta 2$ の関係を示すグラフである。尚、同図において、 $\theta 1 + \theta 2$ が 0 度とは、腕部リンク 5 が伸張しきった状態（肘関節 36 を機構上可能な位置まで伸張方向に駆動した状態。図 14 の上段において、 R_{lim7} と示す）を意味する。

【0069】

図 14 の上段に示す状態（肘関節 36 を機構上可能な位置まで伸張方向に駆動した状態）から、肘関節 36 を屈曲方向に駆動すると、腕部リンク 5 の各関節（肩関節、肘関節および手首関節）が同一直線上に位置して特異点姿勢をとる。このとき、肩関節 30、32、34 から手首関節 38 までの直線距離 R は、最大値となる（図 14 の中段において、 R_{max} と示す）。

【0070】

ロボットが特異点姿勢をとるとき、その位置姿勢制御の制御量が発散することから、機構上決定される可動範囲（図 14 の下段において、 θ_{ELM} と示す）のうち、特異点姿勢を通過しない範囲が制御上利用できる回転角度（ θ_{ELC} と示す）となる。換言すれば、 $\theta 1 + \theta 2$ のうち、0 度（ $R = R_{lim7}$ ）から、 R が最大値 R_{max} となる角度までは、制御上利用することのできない回転角度（ $\theta_{ELC_{center}}$ と示す）となる。

【0071】

この実施の形態にあっては、図 13 に示すの如く、 $\theta 1 + \theta 2$ がおよそ 2.8 度のときに R が最大値 R_{max} となることから、0 度から 2.8 度までが制御上利用できない回転角度となる。この値は、従来の一般的な 1 軸の関節に比して 1/4 程度と小さい。これは、上腕リンク 42 と下腕リンク 44 を第 1 の可動リンク 70 と第 2 の可動リンク 72 の 2 本

10

20

30

40

50

の可動リンクを介して接続すると共に、それら2本の可動リンク70、72を交差して配置することで、第1のカバー84と第2のカバー86の干渉が生じ難くなり、肘関節36の回転軸線を関節外方にオフセットする必要がなくなったことに起因する。

【0072】

このように、この実施の形態に係るロボット1の関節構造にあっては、上腕リンク42と下腕リンク44を第1の可動リンク70と第2の可動リンク72の2本の可動リンクを介して接続すると共に、それら2本の可動リンク70、72を交差して配置するようにしたので、入力に対する肘関節36全体の駆動角度を大きくすることができ、肘関節36の屈曲方向の可動範囲を増大すると共に、同一入力に対する肘関節36の駆動速度（回転速度）の限界値を上げることができる。

10

【0073】

また、2本の可動リンク70、72の外方への突出量が小さくなるため、可動リンク70、72とそれらを覆う第3のカバー88の物理的な干渉の可能性を低下できると共に、肘関節36が2個の回転軸A、Cを支点として2段階にわたって屈曲されるため、第1のカバー84と第2のカバー86が干渉し難くなり、よって肘関節36の屈曲方向の可動範囲を一層増大することができる。さらに、肘関節36の回転軸を関節外方にオフセットする必要がないので、肘関節36の伸張方向の可動範囲の減少を抑制することができる。

【0074】

さらに、肘関節36を駆動した際、第2の可動リンク72が第1の可動リンク70が接続される回転軸Aおよび回転軸Cに干渉しないように、第2の可動リンク72を回転軸Aおよび回転軸Cを回避する湾曲状、より具体的には、S字状に湾曲させて形成したので、肘関節36の可動範囲をより一層増大することができる。

20

【0075】

また、第3のカバー88が、第1のカバー84と第2のカバー86の間にスライド自在に介挿されることから、肘関節36の回転に伴って生じる第1のカバー84と第2のカバー86の間隙を第3のカバー88で被覆することができ、肘関節36を駆動しても関節の内部構造が露出することがなく、よって前述の効果に加え、肘関節36の防塵性および安全性を向上させることができる。さらに、ロボット1の美観を向上させることができる。

【0076】

また、上記において関節として肘関節36を例に挙げて説明したが、この実施の形態に係るロボットの関節構造は、膝関節16などにも同様に妥当する。

30

【0077】

尚、図12に示すように、 θ_{AB} を0度付近に設定したとき、 θ_1 の増加量に対する θ_2 の増加量は最も大きくなる。従って、 θ_{AB} を0度付近に設定する、即ち、上腕リンク42の長手方向（42 Σ ）と直交する同一直線上（42 \times ）あるいはその近傍に回転軸Aと回転軸Bを設けることにより、肘関節36の屈曲方向の可動範囲をより一層増大することができる。また、同一入力に対する肘関節36の駆動速度を上げることができる。但し、 θ_1 の増加量に対する θ_2 の増加量が大きくなるほど肘関節36の駆動トルクは小さくなるので、使用するアクチュエータや目的とする動作（作業）に応じて θ_{AB} を適宜設定すべきであることは言うまでもない。この実施の形態にあっては、可動範囲の増大と駆動速度の向上、さらには駆動トルクの確保を最適にバランスさせるため、 θ_{AB} を30度に設定した。

40

【0078】

一方、この実施の形態においては、前記したように第2の可動リンク72をS字状に形成したため、図15に示す如く、肘関節36を大きく駆動すると、第2の可動リンク72のS字状の凸部が第1のカバー84に干渉してしまう（（1）で示す）。この干渉は第1のカバー84の端部を切り欠くことによっても解消することができるが、第1のカバー84の端部を切り欠くと、それによって生じる間隙を被覆するために第3のカバー88の端部を上腕方向に延長させる必要がある。しかしながら、第3のカバー88の端部を上腕方向

50

に延長させると、肘関節 36 を大きく駆動したときに上腕に配置された電動モータ 76 と干渉してしまう（（2）で示す）。

【0079】

第 3 のカバー 88 の端部と電動モータ 76 の干渉は、電動モータ 76 を下方に移動させることによって解消することができ、電動モータ 76 を下方に配置すると、第 1 のカバー 84 の下方を凹部状（（3）で示す）に形成できなくなるため、第 3 のカバー 88 のスライド量が小さくなり、よって肘関節 36 を大きく駆動したときに第 1 のカバー 84 と第 3 のカバー 88 の間に間隙が生じてしまうという不都合がある（（4）で示す）。尚、図 15 は、 $\theta 1$ が 75 度、 $\theta 2$ が 75 度、即ち、 $\theta 1 + \theta 2$ が 150 度のときの肘関節 36 を示す。

10

【0080】

従って、以下に説明するこの発明の第 2 の実施の形態においては、関節の可動範囲を増大しつつ、リンクとカバーの干渉を防止するように構成した。

【0081】

以下、この発明の第 2 の実施の形態に係るロボットの関節構造について説明する。

【0082】

図 16 は、この発明の第 2 の実施の形態に係るロボットの関節構造を示す、図 7 と同様な平面図である。

【0083】

第 1 の実施の形態と異なる構成に焦点を当てて説明すると、第 2 の実施の形態にあっては、図示の如く、第 2 のリンク 72a をくの字状に湾曲させて形成すると共に、 θAB を -15.5 度、 θCD を 30 度に設定した。

20

【0084】

図 17 から図 19 は、図 16 に示す肘関節 36 を駆動した状態を示す平面図である。尚、図 17 は $\theta 1$ が 24 度、 $\theta 2$ が 25.7 度、即ち、 $\theta 1 + \theta 2$ が 49.7 度のときの肘関節 36 を示し、図 18 は $\theta 1$ が 45 度、 $\theta 2$ が 55 度、即ち、 $\theta 1 + \theta 2$ が 100 度のときの肘関節 36 を示す。また、図 19 は $\theta 1$ が 68 度、 $\theta 2$ が 82.2 度、即ち、 $\theta 1 + \theta 2$ が 150.2 度のときの肘関節 36 を示す。

【0085】

前記したように、 θAB を -15.5 度とする、即ち、回転軸 B を回転軸 A より下腿リンク 44 側に設けることにより、第 2 の可動リンク 72a が回転軸 A と干渉することがないため、第 1 の実施の形態のように、第 2 の可動リンク 72a を第 1 のカバー 84 側に突出するような形状（回転軸 A を回避するような形状）とする必要がない。このため、図 17 から図 19 に示す如く、肘関節 36 を大きく駆動しても、第 2 の可動リンク 72a と第 1 のカバー 84 が干渉することがない。また、第 2 の可動リンク 72a をくの字状に湾曲させて形成したので、肘関節 36 を大きく駆動しても第 2 の可動リンク 72a が回転軸 C に干渉することもない。従って、第 1 の実施の形態に比して、肘関節 36 の屈曲方向の可動範囲を一層大きくすることができ、

30

【0086】

図 20 は、 θAB を -15.5 度として θCD を変化させたときの $\theta 1$ と $\theta 2$ の関係を対比して示すグラフである。同図に示すように、 θAB を -15.5 度、 θCD を 30 度としたとき、 $\theta 1$ の増加に略比例して、一対一以上の割合で $\theta 2$ が増加することがわかる。即ち、減速機を介して電動モータ 76 から入力される回転角度（回転軸 A の回転角度。即ち、 $\theta 1$ ）に対して倍以上の回転角度（肘関節 36 全体の回転角度。即ち、 $\theta 1 + \theta 2$ ）が出力されることとなる。よって第 1 の実施の形態以上に肘関節 36 の屈曲方向の可動範囲を増大することができると共に、同一入力に対する肘関節 36 の駆動速度（回転速度）の限界値を上げることができる。

40

【0087】

尚、図示の如く、 θCD を小さく設定するにつれて $\theta 1$ の増加量に対する $\theta 2$ の増加量は大きくなる。従って、 θCD を 0 度付近に設定する、即ち、下腕リンク 44 の長手方向（

50

44 ε)と直交する同一直線上(44 \times)あるいはその近傍に回転軸Cと回転軸Dを設けることにより、肘関節36の屈曲方向の可動範囲を一層増大することができると共に、同一入力に対する肘関節36の駆動速度を上げることができる。但し、 $\theta 1$ の増加量に対する $\theta 2$ の増加量が大きくなるほど肘関節36の駆動トルクは小さくなるので、使用するアクチュエータや目的とする動作(作業)に応じて θCD を適宜設定すべきであることは前述の通りである。この実施の形態にあっては、可動範囲の増大と駆動速度の向上、さらには駆動トルクの確保を最適にバランスさせるために、 θCD を30度に設定した。

【0088】

このように、第2の実施の形態に係るロボットの関節構造にあっては、第2のリンク72 α をくの字状に湾曲させて形成したので、肘関節36を大きく駆動しても、第2の可動リンク72 α が第1のカバー84および回転軸Cに干渉することがなく、よって肘関節36の屈曲方向の可動範囲をより一層増大することができる。

【0089】

また、 θAB を-15.5度、 θCD を30度に設定したので、第1の実施の形態以上に肘関節36の屈曲方向の可動範囲を増大することができると共に、同一入力に対する肘関節36の駆動速度(回転速度)の限界値を上げることができる。

【0090】

さらに、図21に示す如く、この実施の形態にあっては $\theta 1 + \theta 2$ がおおよそ3.9度のときにRが最大値 R_{max} となることから、0度から3.9度までが制御上利用できない回転角度となる。この値は、従来の一般的な1軸の関節に比して1/3程度と小さい。従って、第1の実施の形態と同様に、特異点に起因する伸張方向の可動範囲の減少を抑制することができる。

【0091】

尚、残余の構成は第1の実施の形態と同じであるので、説明を省略する。

【0092】

次いで、この発明の第3の実施の形態に係るロボットの関節構造について説明する。

【0093】

図22は、この発明の第3の実施の形態に係るロボットの関節構造を示す、図16と同様な平面図である。

【0094】

第1および第2の実施の形態と異なる構成に焦点を当てて説明すると、第3の実施の形態にあっては、肘関節36の過回転(駆動)を防止するための機械的な過回転防止機構を設けた。

【0095】

図22に示す如く、第1の可動リンク70上にピン90が設けられ、ピン90は、ストッパ92に穿設された円弧状の孔94に挿入される。尚、ストッパ92は上腕第1フレート42 α (図示せず)に固定される。

【0096】

孔94は、第1の可動リンク70が駆動されることによってピン90が描く軌跡と同様な円弧状に形成される。また、孔94の一方の終端94 α は、肘関節36を駆動したとき、第1のカバー84と第2のカバー86が干渉しない位置で第1の可動リンク70の回転が終了するように設定されると共に、他方の終端94 β は、 $\theta 1 + \theta 2$ が腕部リンク5が特異点姿勢をとる角度とならないように設定される。即ち、第1の実施の形態にあっては $\theta 1 + \theta 2$ が2.8度以下に、第2の実施の形態にあっては $\theta 1 + \theta 2$ が3.9度以下にならなくように設定される。

【0097】

これにより、第1の可動リンク70の過回転が防止され、よって肘関節36の過回転が防止されて第1のカバー84と第2のカバー86が干渉して損傷することを防止できると共に、腕部リンク5が特異点姿勢をとることを防止することができる。

【0098】

10

20

30

40

50

尚、残余の構成および効果は第1および第2の実施の形態と同じであるので、説明を省略する。

【0099】

以上のように、第1から第3の実施の形態に係るロボットの関節構造にあっては、第1の主リンク（上腕リンク42）と第2の主リンク（下腕リンク44）を第1の可動リンク70と第2の可動リンク72（72a）を介して連結すると共に、前記第1の主リンクに配置されたアクチュエータ（電動モータ76）で前記第1の可動リンク70を駆動して前記第1の主リンクと第2の主リンクを相対変位させるロボット1の関節（肘関節36）構造において、前記第1の主リンクに回転軸Aと回転軸Bを設けると共に、前記第2の主リンクに回転軸Cと回転軸Dを設け、前記回転軸A、B、C、Dを頂点とする四角形において対角する回転軸をそれぞれ回転軸Aと回転軸C、回転軸Bと回転軸Dとしたとき、前記回転軸Aと回転軸Cを前記第1の可動リンク70を介して接続する一方、前記回転軸Bと回転軸Dを前記第2の可動リンク72（72a）で接続して前記第1の可動リンク70と第2の可動リンク72（72a）を交差させて配置すると共に、前記回転軸Aを前記アクチュエータで駆動し、よって前記第1の可動リンク70を駆動して前記第1の主リンクと第2の主リンクを相対変位させるように構成した。

【0100】

また、前記回転軸Aと回転軸Bを、前記第1の主リンクの長手方向（42x）と直交する同一直線（42x）上あるいはその近傍に設けるように構成した。

【0101】

また、前記回転軸Cと回転軸Dを、前記第2の主リンクの長手方向（44x）と直交する同一直線（44x）上あるいはその近傍に設けるように構成した。

【0102】

また、前記第1の可動リンク70および第2の可動リンク72（72a）の少なくともいずれかを、他方の可動リンクの回転軸と干渉しないように湾曲させる（S字状またはくの字状に形成する）ように構成した。

【0103】

また、前記第1の可動リンク70および第2の可動リンク72（72a）の少なくともいずれかに、前記関節が所定の角度以上回転することを防止する過回転防止機構（ピン90、ストッパ92、孔94）を設けるように構成した。

【0104】

また、前記関節に、前記第1の主リンク、第1の可動リンク70、第2の可動リンク72（72a）、第2の主リンクおよびアクチュエータの外側を覆うカバーを設けると共に、前記カバーは、前記第1の主リンクとアクチュエータを覆う第1のカバー84と、前記第2の主リンクを覆う第2のカバー86と、前記第1のカバー84と第2のカバー86の間にスライド自在に介挿され、前記第1の可動リンク70と第2の可動リンク72（72a）を覆うと共に、前記関節の回転に伴って生じる前記第1のカバー84と第2のカバー86の間隙を被覆する第3のカバー88から構成されるように構成した。

【0105】

尚、上記において、この発明に係るロボットの関節構造を脚式移動ロボット、より具体的にはヒューマノイド型のロボットを例にとって説明したが、この発明は他の形式の移動ロボットおよび産業用ロボットにも妥当する。

【0106】

また、使用するアクチュエータも電動モータに限られるものではなく、他のアクチュエータであっても良い。

【0107】

また、 θ_{AB} や θ_{CD} は上記した具体例に限られるものではなく、目的とするロボットの作業（動作）に応じて適宜な値に設定すべきであることは言うまでもない。

【0108】

また、第1の可動リンク70と第2の可動リンク72（72a）のうち、第2の可動リン

10

20

30

40

50

ク72(72α)を回転軸Aおよび回転軸Cに干渉しないように湾曲させたが、第1の可動リンク70を回転軸Bおよび回転軸Dに干渉しないように湾曲させても良い。尚、湾曲形状も図示の例に止まらないことは言うまでもない。

【0109】

【発明の効果】

請求項1項にあっては、第1の主リンク(例えば上腕リンク)と第2の主リンク(例えば下腕リンク)を第1の可動リンクと第2の可動リンクの2本の可動リンクを介して接続すると共に、それら2本の可動リンクを交差して配置するようにしたので、入力に対する関節(例えば肘関節)全体の駆動角度を大きくすることができ、関節の屈曲方向の可動範囲を増大すると共に、駆動速度(回転速度)の限界値を上げることができる。

10

【0110】

また、2本の可動リンクの外方への突出量が小さくなるため、可動リンクとそれらを覆うカバーの物理的な干渉が生じ難くなると共に、関節が2個の回転軸を支点として2段階にわたって屈曲されることとなって、第1の主リンクを覆うカバーと第2の主リンクを覆うカバーが干渉し難くなり、よって関節の屈曲方向の可動範囲を一層増大することができる。さらに、関節の回転軸を関節外方にオフセットする必要がないので、特異点に起因する伸張方向の可動範囲の減少を抑制することができる。

【0111】

請求項2項にあっては、回転軸Aと回転軸Bを、第1の主リンクの長手方向と直交する同一直線上あるいはその近傍に設けるように構成したので、関節の屈曲方向の可動範囲を一層効果的に増大することができると共に、回転速度の限界値を上げることができる。

20

【0112】

請求項3項にあっては、回転軸Cと回転軸Dを、第2の主リンクの長手方向と直交する同一直線上あるいはその近傍に設けるように構成したので、請求項2項と同様に関節の屈曲方向の可動範囲を一層効果的に増大することができると共に、回転速度の限界値を上げることができる。

【0113】

請求項4項にあっては、第1の可動リンクおよび第2の可動リンクの少なくともいずれかを、他方の可動リンクの回転軸と干渉しないように湾曲させるように構成したので、第1の可動リンクと第2の可動リンクが他方の回転軸と干渉することがなく、よって関節の可動範囲をより一層増大することができる。

30

【0114】

請求項5項にあっては、第1の可動リンクおよび第2の可動リンクの少なくともいずれかに、関節が所定の角度以上回転することを防止する過回転防止機構を設けるように構成したので、特異点に起因する制御の発散や関節の過度な屈曲によってカバーが損傷するのを防止することができる。

【0115】

請求項6項にあっては、関節を覆うカバーを、第1のカバーと、第2のカバーと、前記第1のカバーと第2のカバーの間にスライド自在に介挿されると共に、関節の回転に伴って生じる前記第1のカバーと第2のカバーの間隙を被覆する第3のカバーから構成されるように構成したので、関節の内部構造が露出することがなく、よって前述の効果に加え、関節の防塵性および安全性を向上させることができると共に、ロボットの美観を向上させることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一つの実施の形態に係るロボットの関節構造を脚式移動ロボットを例にとって説明するときのロボットの正面図である。

【図2】図1に示すロボットの右側面図である。

【図3】図1に示すロボットをスケルトンで示す説明図である。

【図4】図3に示す肘関節付近の斜視図である。

【図5】図4に示す肘関節を上腕第1フレートと下腕第1フレートを取り外して示す斜視

50

図である。

【図 6】図 5 に示す肘関節の拡大平面図である。

【図 7】図 6 に示す肘関節をカバーも含めて示す平面図である。

【図 8】図 7 に示す肘関節の駆動状態の平面図である。

【図 9】図 7 に示す肘関節の駆動状態の、図 8 と同様な平面図である。

【図 10】図 6 に示す肘関節を伸張させた状態の腕部リンクを模式的に示す説明図である

【図 11】図 6 に示す肘関節を屈曲させた状態の腕部リンクを模式的に示す説明図である

【図 12】図 6 に示す肘関節において θ_{CD} を 45 度として θ_{AB} を変化させたときの θ_1 と θ_2 の関係を対比して示すグラフである。 10

【図 13】図 3 に示すロボットの肩関節から手首関節までの直線距離 R と肘関節の駆動角度 $\theta_1 + \theta_2$ の関係を示すグラフである。

【図 14】図 13 に示すロボットの肩関節から手首関節までの直線距離 R の最大値 R_{max} などを説明する説明図である。

【図 15】図 7 に示す肘関節の駆動状態の、図 8 と同様な平面図である。

【図 16】この発明の第 2 の実施の形態に係るロボットの関節構造を示す、図 7 と同様な平面図である。

【図 17】図 16 に示す肘関節の駆動状態の平面図である。

【図 18】図 16 に示す肘関節の駆動状態の、図 17 と同様な平面図である。 20

【図 19】図 16 に示す肘関節の駆動状態の、図 17 と同様な平面図である。

【図 20】図 16 に示す肘関節において θ_{AB} を -15.5 度として θ_{CD} を変化させたときの θ_1 と θ_2 の関係を対比して示すグラフである。

【図 21】第 2 の実施の形態における図 13 と同様なグラフである。

【図 22】この発明の第 3 の実施の形態に係るロボットの関節構造を示す、図 16 と同様な平面図である。

【図 23】従来のロボットの関節構造を示す説明図である。

【図 24】多関節ロボットの特異点を示す説明図である。

【図 25】従来のロボットの関節構造の不具合を示す説明図である。

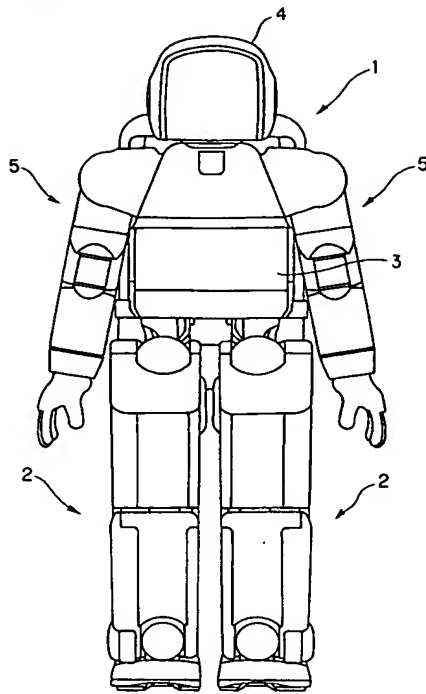
【符号の説明】

30

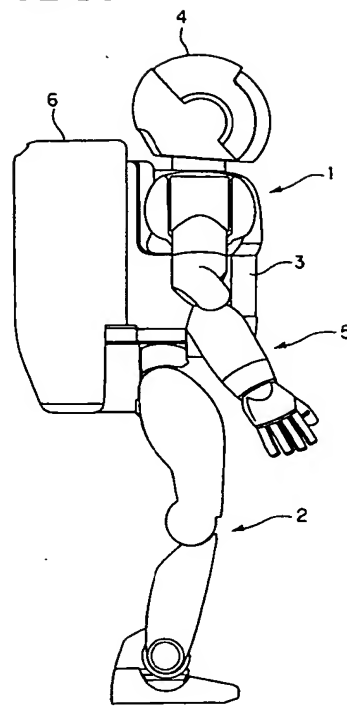
1	ロボット
5 R, L	腕部リンク
3 6 R, L	肘関節（関節）
4 2 R, L	上腕リンク（第 1 の主リンク）
4 4 R, L	下腕リンク（第 2 の主リンク）
7 0	第 1 の可動リンク
7 2	（第 1 の実施の形態に係る）第 2 の可動リンク
7 2 α	（第 2 の実施の形態に係る）第 2 の可動リンク
7 6	電動モータ（アクチュエータ）
8 4	第 1 のカバー
8 6	第 2 のカバー
8 8	第 3 のカバー
9 0	ピン（過回転防止機構）
9 2	ストッパ（過回転防止機構）
9 4	孔（過回転防止機構）
A	回転軸 A
B	回転軸 B
C	回転軸 C
D	回転軸 D

40

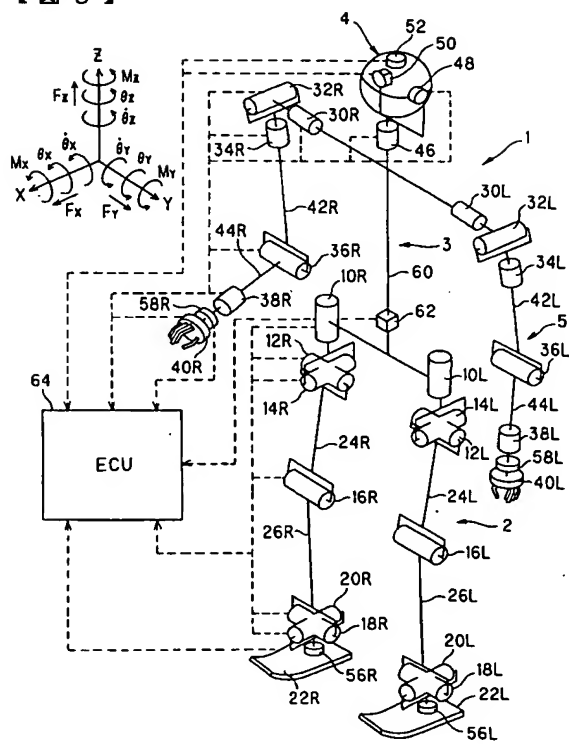
【図 1】



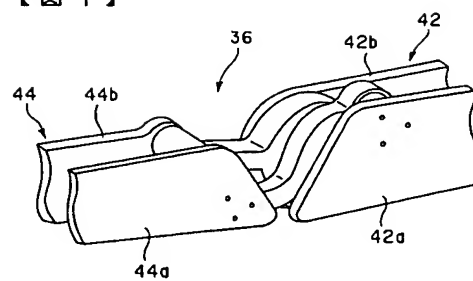
【図 2】



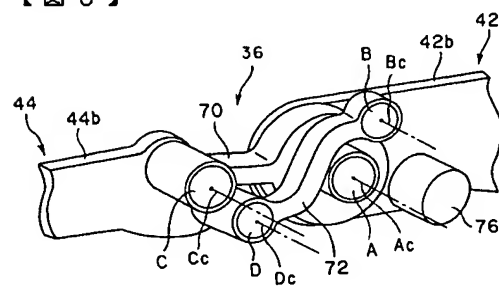
【図 3】



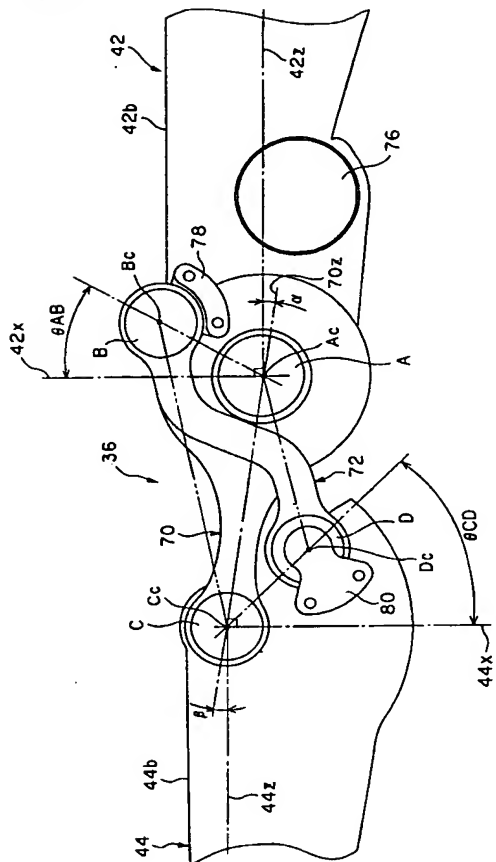
【図 4】



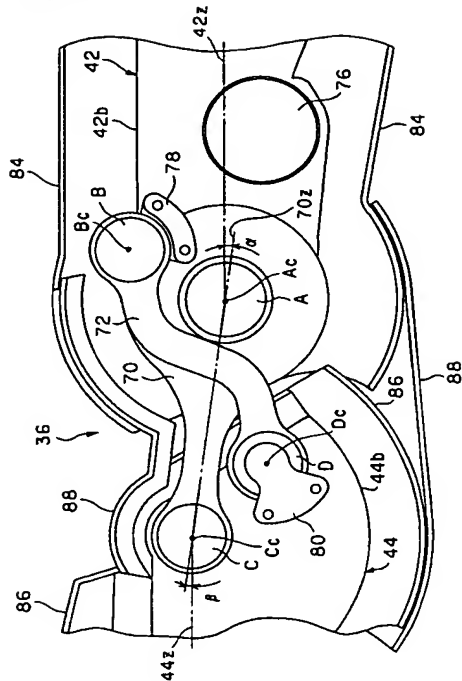
【図 5】



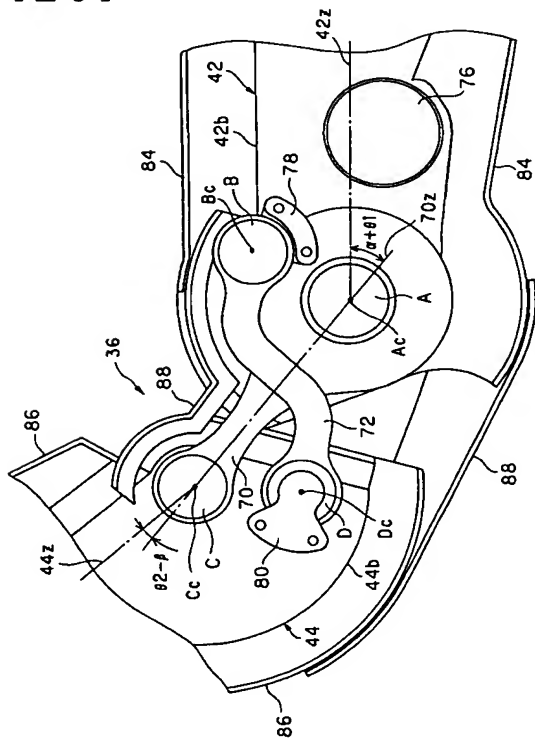
【図 6】



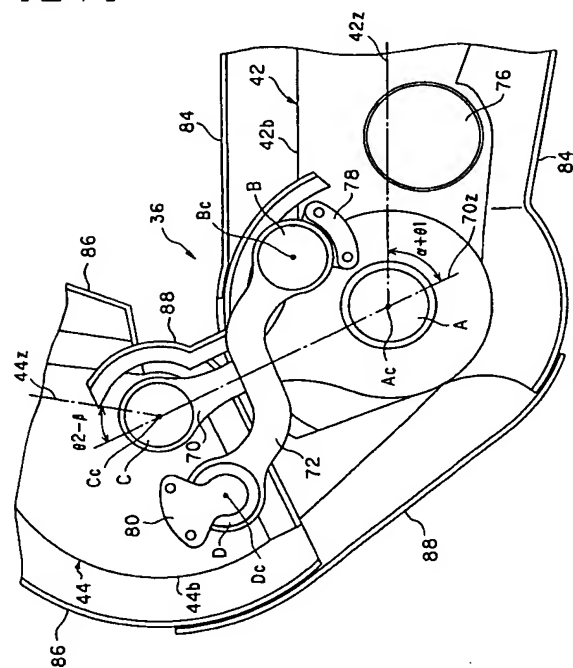
【図 7】



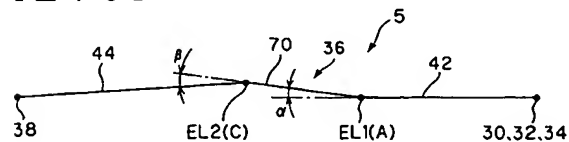
【図 8】



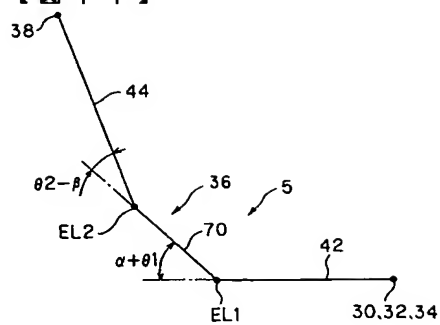
【図 9】



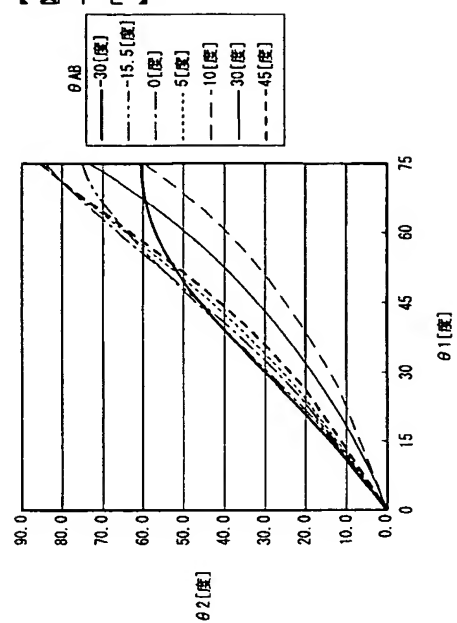
【図 10】



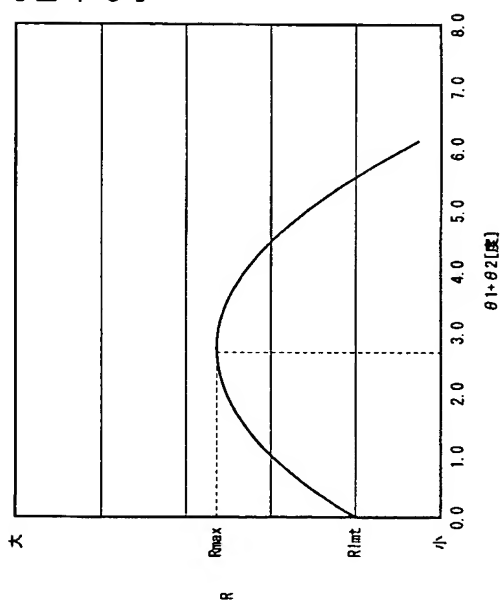
【図 1 1】



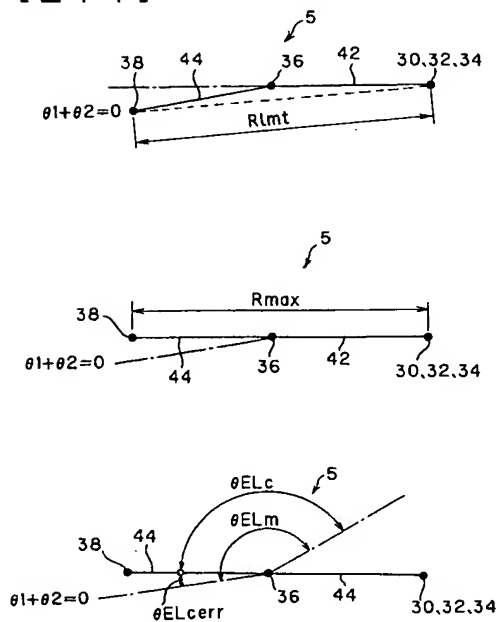
【図 1 2】



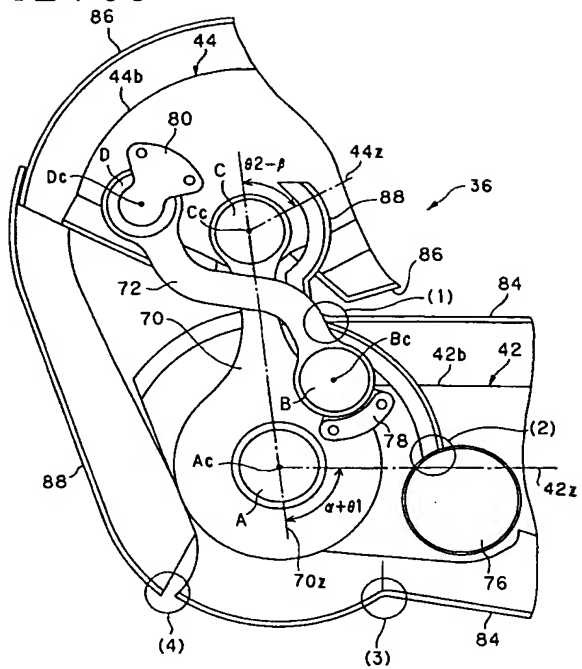
【図 1 3】



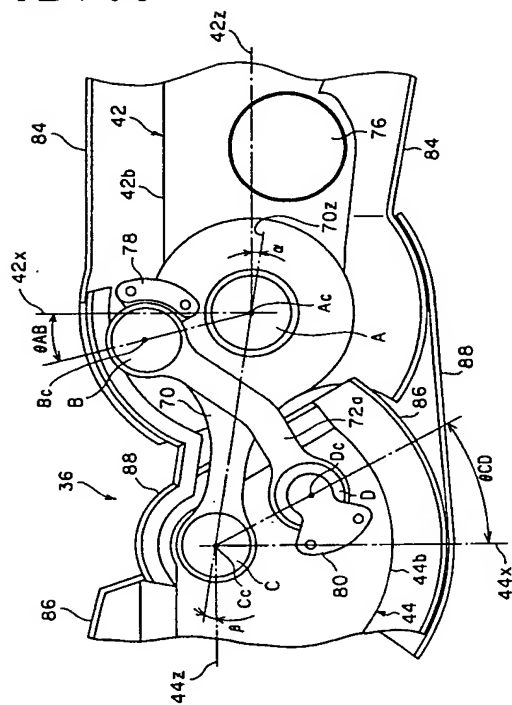
【図 1 4】



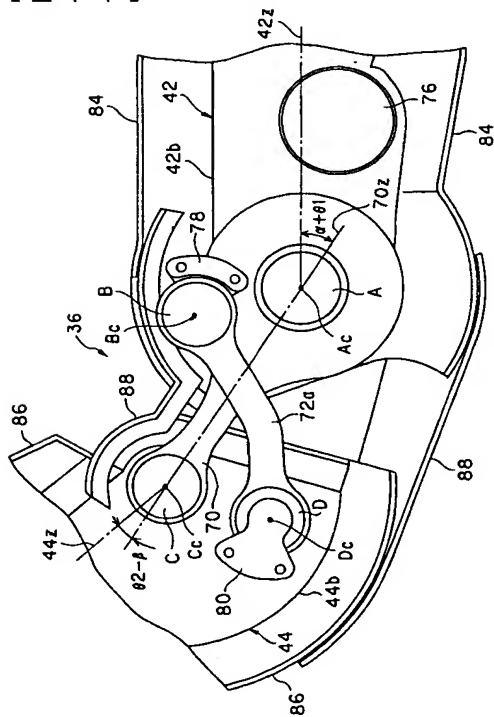
【図 15】



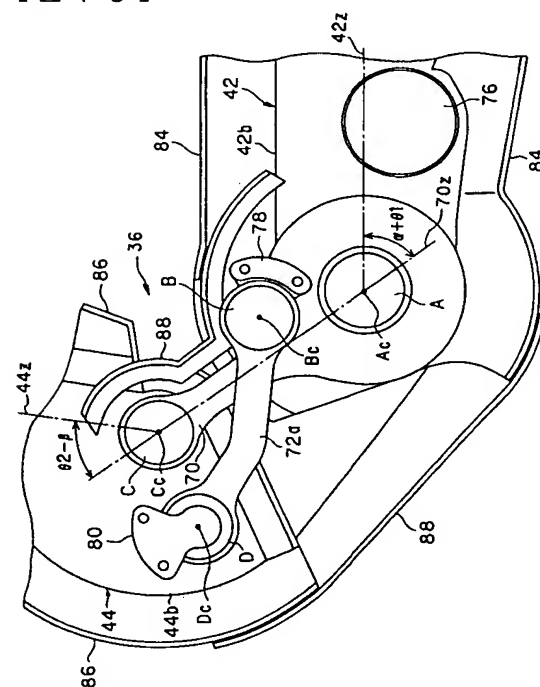
【図 16】



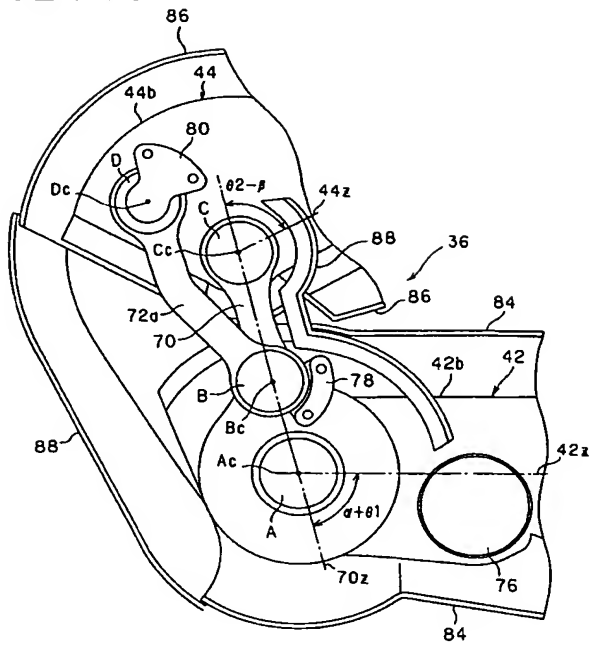
【図 17】



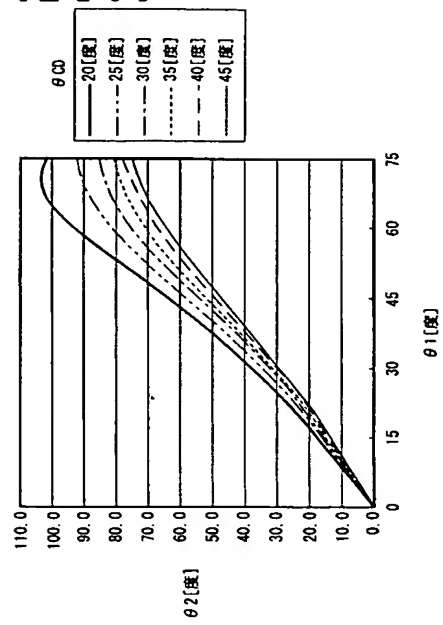
【図 18】



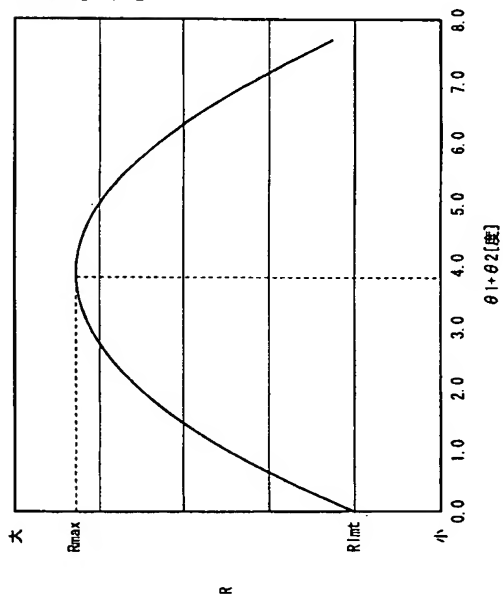
【図 19】



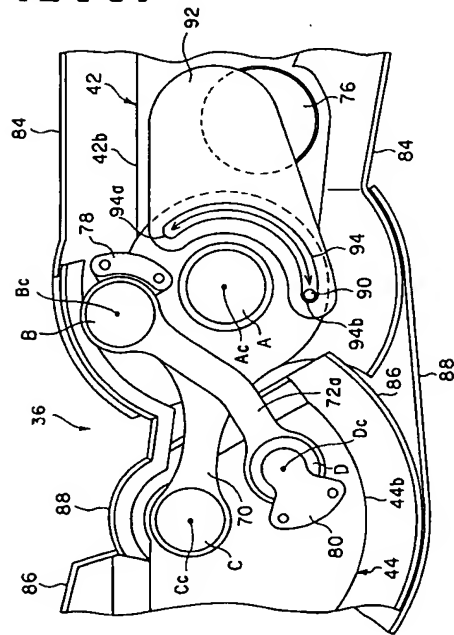
【図 20】



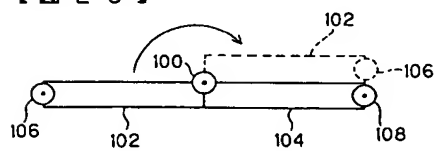
【図 21】



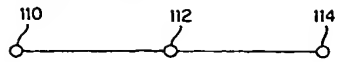
【図 22】



【図 23】



【 ㊦ 2 4 】



【 ㊦ 2 5 】

